

(19)

JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08032046 A**

(43) Date of publication of application: **02.02.96**

(51) Int. Cl

H01L 27/15

H01L 31/10

H01S 3/18

(21) Application number: **06161824**

(71) Applicant: **HITACHI LTD**

(22) Date of filing: **14.07.94**

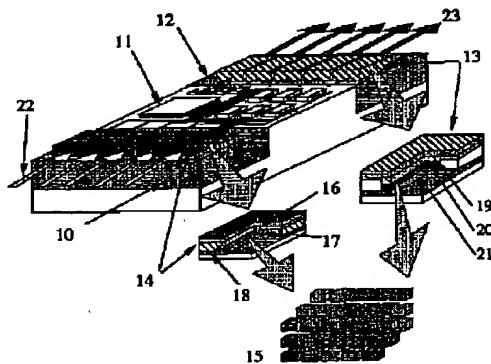
(72) Inventor: **NISHIMURA SHINJI
KITAJIMA SHIGEKI
OSHIMA MASAHIRO**

(54) OPTICAL ELECTRONIC INTEGRATED ELEMENT

(57) Abstract:

PURPOSE: To improve efficiency of constituent elements, reduce crosstalk between elements, miniaturize the whole device, and improve its efficiency, in the device for processing an optical signal multiplexed on a space axis or a frequency axis.

CONSTITUTION: After an optical signal multiplexed on a space axis or a frequency axis is converted to an electric signal with a light receiving array 10, signal processing is performed with a silicon semiconductor integrated circuit 11. The processed signal is outputted from a semiconductor laser array 12. Each element constituted in this device constitution contains a quantum thin wire or a quantum box structure 15 in the structure. Each of the constituent optical elements and the silicon semiconductor integrated circuit for driving and controlling the elements are integrated and arranged on the same silicon substrate. Each of the optical elements adopts the quantum thin wire or the quantum box structure in the structure, thereby realizing highly efficient operation and remarkably reducing thermal electrical crosstalk between elements.



COPYRIGHT: (C)1996,JPO

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-32046

(43) 公開日 平成8年(1996)2月2日

(51) Int. Cl.
H01L 27/15
31/10
H01S 3/18

識別記号 庁内整理番号
A 8832-4M

F I

技術表示箇所

H01L 31/10

A

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平6-161824
(22) 出願日 平成6年(1994)7月14日

(71) 出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(72) 発明者 西村 信治
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(72) 発明者 北島 茂樹
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(72) 発明者 尾島 正啓
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

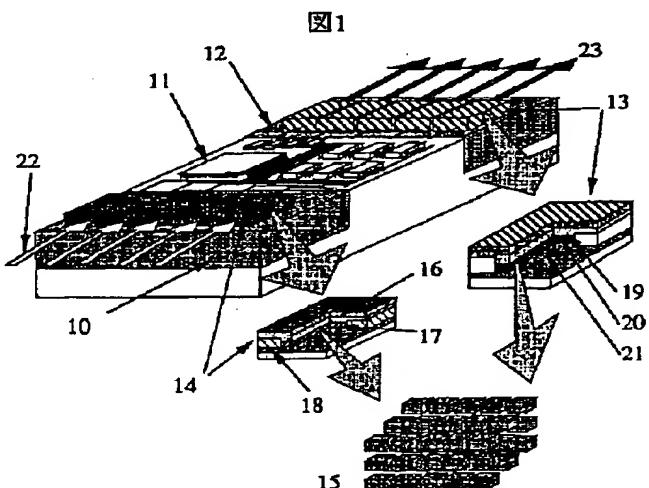
(54) 【発明の名称】光電子集積化素子

(57) 【要約】

【目的】 空間軸上もしくは周波数軸上に多重化された光信号を処理する装置において、構成する各素子の効率と素子間のクロストークを低減し、装置全体の小型高効率化を図る。

【構成】 空間もしくは周波数軸上に多重化された光信号を、受光器アレイ10にて電気信号に変換した後、シリコン半導体集積回路11により信号処理を行なう。その後、処理された信号は半導体レーザアレイ12より出力される。本装置構成において構成する各素子は構造中に量子細線もしくは量子箱構造15を含む。また、構成する各光素子およびそれらを駆動・制御するシリコン半導体集積回路は同一シリコン基板上に集積配置する。

【効果】 各光素子は構造中に量子細線もしくは量子箱構造を採用することで、高効率な動作の実現できると共に、各素子間の熱的電気的クロストークが飛躍的に低減できる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】複数の光信号を入力する受光素子アレイと受光された信号を処理する電子回路と処理された信号を出力する複数の発光素子アレイが同一半導体基盤上に構成されることを特徴とする光電子集積化素子。

【請求項 2】複数の光信号を入力する受光素子アレイと受光された信号を処理する電子回路と処理された信号を出力する複数の波長可変発光素子アレイから構成される光電子集積化素子であって、受光素子アレイおよび波長可変発光素子アレイのいずれか一方もしくは両方が、量子箱、量子細線、もしくはマイクロキャビティ構造をしていることを特徴とする光電子集積化素子。

【請求項 3】複数の光信号を入力する受光素子アレイと受光された信号を処理する電子回路と処理された信号を出力する複数の発光素子アレイが同一半導体基盤上に構成される光電子集積化素子であって、受光素子アレイおよび発光素子アレイのいずれか一方もしくは両方が、量子箱、量子細線、もしくはマイクロキャビティ構造をしていることを特徴とする光電子集積化素子。

【請求項 4】少なくとも一つの分波器と複数の波長フィルタと複数の受光素子と複数の波長可変発光素子と光合波器から構成される光電子集積化素子が同一半導体基盤上に構成され、波長多重光信号を入力し、分波器によって分波し、波長フィルタによって 1 波を選択し、受光し、波長可変レーザによって希望の波長にて出力し、合波することにより、波長交換処理を可能にすることを特徴とする光電子集積化素子。

【請求項 5】少なくとも一つの波長分波器と複数の波長変換素子と複数の可変光遅延素子と波長合波器から構成される光電子集積化素子が同一半導体基盤上に構成され、波長多重光信号を入力し、波長分波器によって各波長に分波し、波長変換器によって希望の波長に変換し、可変光遅延素子によって希望の他出力との衝突を回避してから波長合波器にて合波して出力することにより、波長交換処理を可能にすることを特徴とする光電子集積化素子。

【請求項 6】光素子の少なくともいずれか一つが、量子箱、量子細線、もしくはマイクロキャビティ構造をしている請求項 4 又は 5 記載のことを特徴とする請求項 4 又は 5 記載の光電子集積化素子。

【請求項 7】半導体基盤がシリコン基盤であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の光電子集積化素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、信号処理全般に係り、特に情報を光信号によって入出力できるシステムに用いられる光電子集積化素子に関する。

【0002】

【従来の技術】光電子集積化素子は、2 次元光入出力デ

バイスに適しており、注目されている。

【0003】まず、従来の面型受光素子（2 次元光入力デバイス）について説明する。小型化に関しては、シリーキー（CCD）カメラも小型化されているが、薄く作製することが困難であった。また、高速化に関しては、高速度カメラでもギガヘルツ（GHz）のスピードで画像をサンプリングすることはできなかった。一方、フォトダイオードアレイでは、小型化、高速化を実現できる方法はあるが、効率の低下やクロストークの問題が高密度の集積化を困難にしてきた。高密度にできなければ、小型化や高密度の集積化は実現できない。

【0004】次に、面光源（2 次元光出力デバイス）については、半導体レーザアレイが考えられる。しかし、各素子の駆動電力に比例する熱により、隣接光源の情報に依存した温度変動により生じる熱クロストークの問題がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来の 2 次元光入出力素子は、クロストークの問題が高密度の集積化を困難にしてきた。

【0006】本発明の目的は、クロストークの小さな光素子をアレイ化することにより、小型、高速、大容量の情報処理を可能にする光デバイスを提供することにより、様々な光入出力システムを実現することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的は、量子構造やマイクロキャビティ構造を持つ、フォトダイオードや半導体レーザをアレイ化することにより達成できる。

【0008】

【作用】量子構造としては量子細線および量子箱の構造があり、光から電流および電流から光への変換効率を上げることが可能になる。フォトダイオードの効率の向上は、素子をより小さくしても十分な電気信号出力が得られるようになり、高密度の集積化を実現できるようになる。また、半導体レーザにおいて効率が向上することは、同じ光信号振幅を得るために必要な消費電力の違い（デジタル情報における符号の違い、もしくはアナログ情報における信号振幅の違い）による消費電力差を小さくできる。消費電力は各半導体レーザの発熱量の変動を抑えられるので、アレイにおける隣接素子への熱クロストークを小さく抑えることが可能になる。

【0009】

【実施例】

（実施例 1）図 1 に本発明の実施例を示す。本装置は、光ファイバなどによって並列に入力される信号 22 をそれぞれ高効率な光検出器のアレイ 10 で受信して電気信号に変換し、それら電気信号をシリコン基板上に集積された半導体回路 11 で論理処理を行なった上で、高効率の半導体レーザアレイ 12 により出力する。

【0010】本素子はこの受光部、処理部及び出力部を

同一のシリコン基板上に集積して形成することで、小型で高機能な光情報処理装置が実現可能となる。

【0011】受光器14は、不純物をドープしない化合物半導体材料からなる量子細線または量子箱15を含む層17をガイド層とし p型の化合物半導体16とn型の化合物半導体18をクラッド層とする光導波路構造を有する。本素子の層17に信号光を光ファイバ等から入射することで、高効率な光電変換が可能となる。さらにこれら受光器14は同一基板上に集積され、そこで光電変換された信号は、10及び12と同一基板上に形成されたトランジスタ等からなる半導体回路11内で信号処理をされた上で、光出力装置12を通じて出力される。

【0012】光出力装置12は一つもしくは複数の化合物半導体材料からなるレーザ素子13にて構成され、各レーザ素子の活性層は量子細線もしくは量子箱構造を含む。本素子は量子細線構造等の採用により、従来の量子井戸構造を有する半導体レーザより高効率・低閾値な動作状態が実現できる。

【0013】本装置中の光電変換部10中の光受光器14、および光出力部12中の半導体レーザ13はそれぞれ量子細線構造もしくは量子箱構造を素子中に採用したことによりそれぞれ低消費電力な動作の実現が可能となる。そしてその結果、同一基板上に複数の素子を集積した場合の温度及び電気的な相互干渉を従来と比較して格段に減少することが可能となる。また装置を構成するシリコン材料からなる半導体素子と、化合物半導体材料からなる素子を同一基板上に集積することで、小型な装置構成が可能となる。

【0014】本装置は、入出力光信号が光ファイバーで受渡しされることを仮定して導波路型の入出力装置13、14で構成したが、基板に垂直な信号の入出力を考えた場合、図2に示すように面型のフォトディテクタ35と面型の面発光レーザ36による装置構成も可能となる。図2の装置構成においても、フォトディテクタ35および面発光レーザ36に量子細線38もしくは量子箱構造37を導入することで、各素子の高効率動作及び、各素子間の熱的もしくは電気的相互干渉が図1の装置同様に減少することが可能となる。

【0015】(実施例2) 本発明の実施例を図3に示す。本装置は高速に周波数多重された信号光を周波数成分ごとに分解しその周波数(つまり波長)を変換することで、周波数軸上での光交換や信号処理を行なうものである。本装置は光信号を搬送してくる光ファイバ50、光分波器52、狭帯域かつ増幅佐用を持つフィルタ53、光遅延素子54、光信号の光周波数を信号成分を保ったまま変換する光周波数変換素子55、光合波器56、装置上の各素子をつなぐ光導波路57、変換後の信号を取り込んで再び伝送する光ファイバ63及び53、54、55の各装置を制御及び駆動する半導体集積回路58から構成される。構成装置のうち52から57の各

装置は化合物半導体材料から構成され、半導体集積回路58はシリコン材料で構成するが、この時全ての素子を同一の基板上に集積化することで、装置の小型高効率化が可能となる。

【0016】信号光51は50の光ファイバより装置中に入力され、複数の分波器(スタークプラ)52によりある強度比の並列信号に分波された後、それぞれ異なる帯域を持つ複数の高速狭帯域フィルタ53によって多重化された信号光から特定一成分のみが取り出される。それぞれのフィルタによって抽出された各信号成分は、光遅延素子54により時間軸上で信号処理が行なわれる。そしてその後、各信号ごとに光周波数変換素子55によって、その光周波数が変換される。そして、周波数軸上の信号操作の終わった各信号成分は、合波器56によって再び周波数軸上で多重化されて、光ファイバ63に出力される。

【0017】53のフィルタは周波数軸上に多重された複数の信号から一つの信号成分のみを濾過し取り出す作用をもつ。この素子中に信号光と同程度の大きさ周期構造(いわゆるマイクロキャビティ構造)65を導入し、その構造中に信号光を透過させることで、構造65の周期構造に共振する周波数の光のみ透過させる特性をもつ。その結果フィルタ53は回折格子やマッハツエンダ干渉系等を応用した従来のフィルタより格段の狭帯域な特性が期待できる。

【0018】54の光遅延素子は光ファイバもしくは導波路で構成される光信号の周回構造と、光路切り替えスイッチにより構成される。素子中に取り込まれた光信号は、任意の回数だけ素子中を周回した後、光路切り替えスイッチにより素子中から取り出される構造を有する。

【0019】55の光周波数変換素子は波長変換レーザもしくは波長板回転式光周波数変換素子をもちいて構成し、素子中に電気光学材料として量子細線もしくは量子箱またはマイクロキャビティ構造を持つことで、高効率な動作が可能となっている。

【0020】またスタークプラで構成される分波器52と狭帯域フィルタ53からなる装置構成は、周波数多重化された信号が入力された時、各周波数毎に異なる光路に出力される素子で置き換えることが可能である。

【0021】(実施例3) 本発明の実施例を図4に示す。本装置は高速に周波数多重された信号光を周波数成分ごとに分解しその強度及び周波数を変換することで、周波数軸上での光交換や信号処理を行なうものである。本装置は光信号を搬送してくる光ファイバ71、光分波器72、光検出器73、波長可変レーザ74、光合波器75、装置上の各素子をつなぐ光導波路84、変換後の信号を取り込んで再び伝送する光ファイバ76及び77、74の各装置を制御及び駆動する半導体集積回路77から構成される。構成装置のうち72から75と84の各装置は化合物半導体材料から構成され、半導体集積

回路 7 7 はシリコン材料で構成するが、この時全ての素子を同一の基板上に集積化することで、装置の小型高効率化が可能となる。

【0022】信号光は 7 0 の光ファイバより装置中に入力され、複数の分波器 7 2 である強度比の並列信号に分波された後、それぞれ異なる波長感度を持つ複数の光検出器 7 3 によって多重化された信号光から特定一成分のみが取り出され、電気信号に変換される。そして抽出された各信号は、制御用の半導体集積回路に送られ、処理された後、波長可変レーザの駆動信号の形で送られる。そして波長可変レーザより出力される異なる光周波数を持つ信号成分は、合波器 7 5 によって再び周波数軸上で多重化されて、光ファイバ 7 6 に出力される。

【0023】7 3 の光検出器は周波数軸上に多重された複数の信号から一つの信号成分のみを通過し電気信号に変換する作用をもつ。この素子中に信号光と同程度の大きさ周期構造（いわゆるマイクロキャビティ構造）8 2 を導入し、その構造中に信号光を透過させることで、構造 8 2 の周期構造に共振する周波数の光のみ光電変換する特性をもつ。

【0024】7 4 の波長可変レーザは、十分な狭線幅と波長可変幅を持つことで、信号光を周波数軸上で多重した際に隣接するチャンネル間で相互作用を起こすことなく、伝送する全周波数帯域をカバーする必要がある。これにより入力された周波数多重信号は、伝送可能な周波数の全帯域内において各々干渉し合わない、任意の周波数に変換して出力することが可能となる。

【0025】

【発明の効果】上記のように本発明における光集積回路及び光信号処理装置は、発光素子・光変調素子及び受光素子の各電気光学材料の一部に量子細線もしくは量子箱構造を用いることで飛躍的に高効率な各素子の動作状態を実現でき、集積化の際にも熱的及び電気的な素子間の相互干渉を低減することができる。

【0026】また本発明において、化合物半導体を材料とする光素子とそれらを駆動・制御するシリコン半導体集積回路を同一基板上に集積することで装置の小型化が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】同一シリコン基板上に集積した導波路型受光器、導波路型レーザ及びその駆動及び制御用シリコン半導体集積回路。

【図2】同一シリコン基板上に集積した面型受光器、面

6
発光レーザ及びその駆動及び制御用シリコン半導体集積回路。

【図3】光周波数変換素子と光遅延素子を集積した光周波数多重信号処理用集積化光素子。

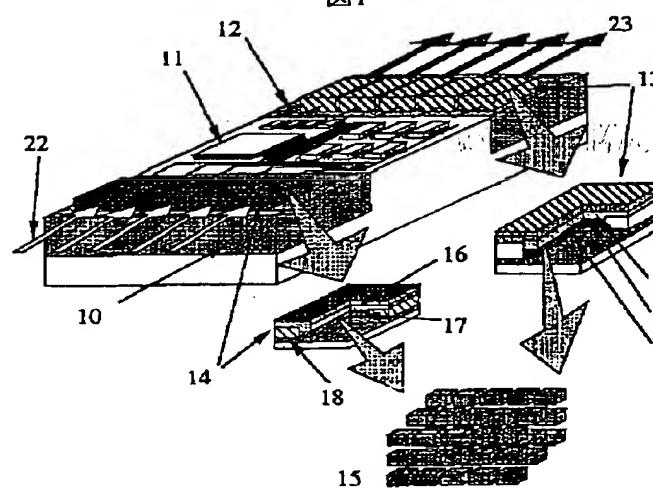
【図4】光周波数選択性光検出器とレーザを集積した光周波数多重信号処理用集積化光素子。

【符号の説明】

10 1 0 …光受光器アレイ、 1 1 …駆動・制御・信号処理用半導体集積回路、 1 2 …信号出力用半導体レーザアレイ、 1 3 …高効率半導体レーザ、 1 4 …高効率光受光器、 1 5 …量子箱構造、 1 6 …P型に不純物添加された化合物半導体層、 1 7 …量子細線もしくは量子箱構造を含む光電変換層、 1 8 …P型に不純物添加された化合物半導体層、 1 9 …N型に不純物添加された化合物半導体層、 2 0 …量子細線もしくは量子箱構造を含むレーザ活性層、 2 1 …P型に不純物添加された化合物半導体層、 2 2 …入力光信号列、 2 3 …出力光信号列、 3 0 …入力光信号列、 3 1 …出力光信号、 3 2 …面型光受光器アレイ、 3 3 …面発光レーザアレイ、 3 4 …駆動・制御・信号処理用半導体集積回路、 3 5 …面型高効率光受光器、 3 6 …面型高効率半導体レーザ、 3 7 …量子箱構造、 3 8 …量子細線構造、 3 9 …N型に不純物添加された化合物半導体層、 4 0 …P型に不純物添加された化合物半導体層、 4 1 …量子箱もしくは量子細線構造を含む光電変換層、 4 2 …P型に不純物添加された化合物半導体層、 4 3 …N型に不純物添加された化合物半導体層、 4 4 …量子箱もしくは量子細線構造を含むレーザ活性層、 5 0 …信号入力用光ファイバ、 5 1 …入力光信号、 5 2 …光分波器、 5 3 …光フィルタ、 5 4 …光周波数変換素子、 5 5 …光遅延素子、 5 6 …光合波器、 5 7 …光導波路、 5 8 …駆動・制御用半導体集積回路、 5 9 …シリコン基板、 6 0 …P型に不純物添加された化合物半導体層、 6 1 …マイクロキャビティ構造を含む光受光層、 6 2 …N型に不純物添加された化合物半導体層、 6 3 …信号出力用光ファイバ、 6 4 …出力光信号、 6 5 …マイクロキャビティ構造、 7 0 …入力光信号、 7 1 …入力用光ファイバ、 7 2 …分波器、 7 3 …波長選択性光電変換器、 7 4 …半導体レーザ、 7 5 …合波器、 7 6 …出力用光ファイバ、 7 7 …駆動・制御用半導体集積回路、 7 8 …シリコン基板、 7 9 …出力光信号、 8 0 …電気信号伝送路、 8 1 …P型に不純物添加された化合物半導体層、 8 2 …マイクロキャビティ構造、 8 3 …N型に不純物添加された化合物半導体層、 8 4 …光導波路。

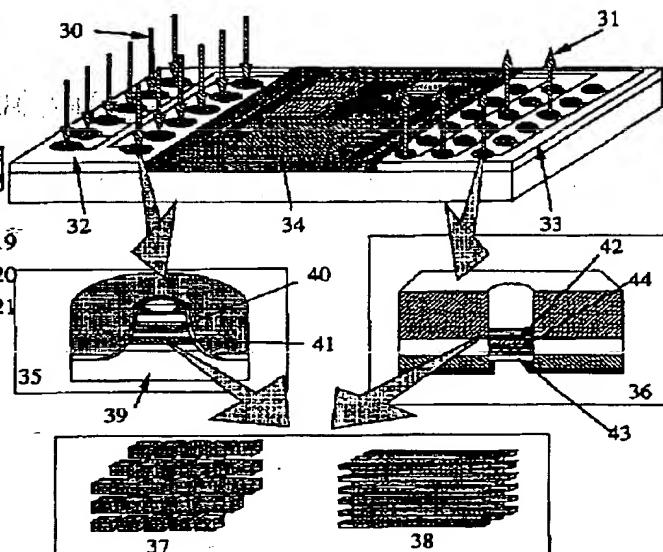
【図 1】

図1



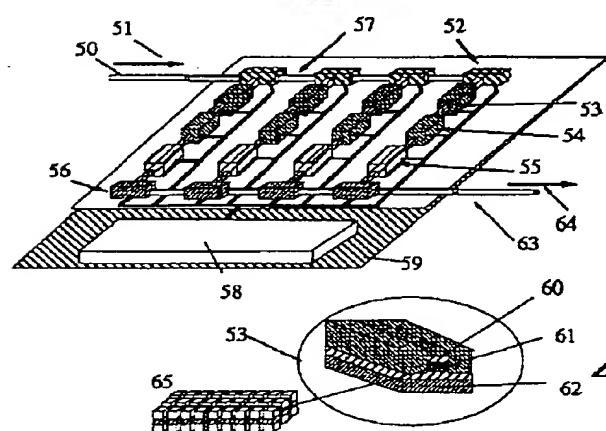
【図 2】

図2



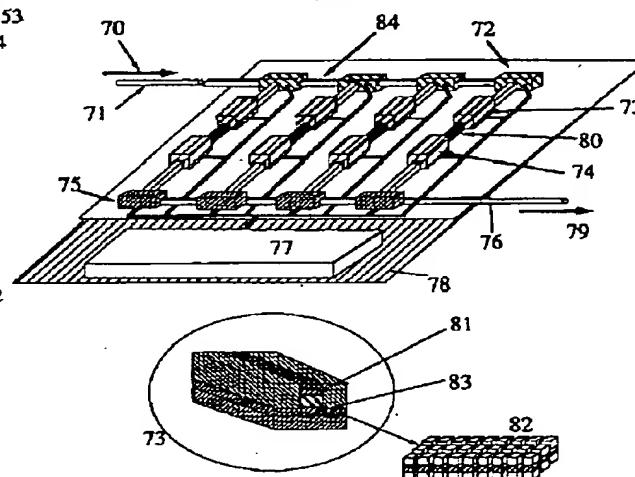
【図 3】

図3



【図 4】

図4



THIS PAGE BLANK (USPTO)